

# Деятельность Агентства в области обращения с радиоактивными отходами

Д. К. Рихтер\*

Использование атомной энергии связано с производством радиоактивных отходов, за которыми необходимо осуществлять соответствующий контроль, с тем чтобы обеспечить защиту человека и окружающей его среды от потенциальной радиационной опасности, которую эти отходы представляют сейчас и могут представлять в будущем. Создание соответствующих систем, позволяющих безопасно обрабатывать и удалять любые виды радиоактивных отходов становится актуальной проблемой, особенно в связи с дальнейшим промышленным развитием и внедрением атомной энергетики.

Странам, развивающим атомную энергетику, придется принимать решения в отношении методов и ответственности в связи с:

- обработкой и удалением низко- и среднеактивных отходов АЭС и связанных с ними установок топливного цикла;
- обработкой, хранением и удалением высокоактивных и актинидных отходов, которые образуются в результате осуществления операций по обращению с отработавшим ядерным топливом.

В настоящее время в большинстве стран с развитой атомной энергетикой осуществляются крупные программы разработок и внедрения систем долгосрочного захоронения радиоактивных отходов и обращения с ними, в особенности высокоактивных и актинидных отходов. В течение более трех десятилетий деятельности по использованию атомной энергии накоплен обширный опыт обращения с радиоактивными отходами. Несмотря на то, что основными и долгосрочными проблемами в этой области являются кондиционирование и удаление высокоактивных отходов, вопрос обращения с низко- и среднеактивными отходами вновь встал на повестку дня и имеет сегодня не менее актуальное значение. Это объясняется тем, что по количеству и разнообразию на такие отходы приходится наибольшая часть отходов атомной промышленности, а также тем, что многие вопросы технического и нормативного характера получают дальнейшее развитие. Эти отходы поступают с АЭС, с ядерных установок в результате проведения работ по дезакти-

вации и снятия с эксплуатации (также в результате работ по очистке после ядерных инцидентов) и с обогатительных предприятий.

Международное сотрудничество в области обращения с радиоактивными отходами включает в себя обмен информацией по накопленному опыту, проведенным исследованиям и разработанным подходам к осуществлению национальных программ; разработку руководящих принципов и международных рекомендаций для национальных органов; обсуждение проблем обращения с отходами в связи с созданием региональных и международных центров ядерного топливного цикла; определение и соблюдение обязательств в рамках международного законодательства по охране окружающей среды. С момента своего основания Международное агентство по атомной энергии осуществляет активную деятельность в этих областях.

## Программа МАГАТЭ

Программа Агентства по обращению с радиоактивными отходами имеет целью оказание помощи национальным программам и международному сообществу в обеспечении надлежащей защиты человека и окружающей его среды от воздействия радиоактивных отходов и выбросов. Для достижения этой цели Агентство предоставляет информацию технического и нормативного характера в рамках оказания помощи и консультирования государственных органов по вопросам безопасной обработки, переработки и удаления радиоактивных отходов.

Программа охватывает как вопросы технологии обработки отходов, так и экологические аспекты, причем она касается радиоактивных отходов и сточных вод не только АЭС, но также и предприятий ядерного топливного цикла, включая шахты, обогатительные фабрики и заводы по переработке отработавшего топлива. К настоящему времени были рассмотрены следующие темы: обработка, хранение и удаление твердых, жидких и газообразных радиоактивных отходов; атомная энергетика и ее воздействие на окружающую среду, включая защиту морской среды при удалении в нее радиоактивных отходов; снятие с эксплуатации ядерных установок. Деятельность в этих областях продолжается и сейчас, однако, основное внимание сегодня уделяется следующим разделам программы:

- обращение с радиоактивными отходами и сбросами и их обработка на ядерных установках;
- подземное захоронение радиоактивных отходов;
- экологические аспекты ядерного топливного цикла.

\* Руководитель Секции обращения с отходами, Отдел ядерного топливного цикла МАГАТЭ. Настоящая статья представляет собой адаптированный вариант доклада г-на Рихтера, прочитанного на сессии "Мировая политика в области обращения с отходами" 26-го заседания Американского ядерного общества, состоявшегося в Лас-Вегасе, США, с 8 по 12 июня 1980 года.



Модель прототипного контейнера для остеклованных ядерных отходов — внутри находится стекломасса из боросиликатного стекла.

Программа по обращению с радиоактивными отходами тесно связана с другими программами Агентства, в частности — с программами по радиационной и ядерной безопасности и ядерному топливному циклу. Программа Агентства была значительно расширена, и в рамках этой программы проведено множество различных симпозиумов, совещаний технических комитетов и консультативных групп, а также осуществлены проекты координированных исследований. В результате этой деятельности были или в скором времени будут опубликованы труды совещаний, технические доклады МАГАТЭ, доклады серии изданий по безопасности и технические документы, распространяемые бесплатно. Ниже рассматриваются наиболее важные моменты некоторых из основных направлений деятельности.

#### Обращение с радиоактивными отходами и их обработка на ядерных установках

Эта часть программы Агентства имеет целью сбор информации и разработку рекомендаций по технологии обращения с отходами и сбросами, а также по уменьшению объема и кондиционированию отходов, подлежащих хранению и удалению. Сюда относятся отходы, образующиеся в результате добычи и обогащения радиоактивных руд; низко- и среднеактивные твердые отходы; жидкие и газообразные отходы и стоки; высокоактивные и альфа-излучающие

отходы; отходы, получаемые с АЭС, а также в результате дезактивации и снятия с эксплуатации ядерных установок. В течение последних пяти лет был проведен обзор информации по состоянию технологии и основам различных методов обращения с радиоактивными отходами и стоками.

Проблеме обращения с *высокоактивными и альфа-излучающими отходами* было посвящено несколько совещаний организованного в 1974 году технического комитета, с помощью которого осуществляется неофициальный обмен информацией между государствами-членами, занимающимися переработкой топлива. На этих совещаниях были рассмотрены методы хранения и отверждения жидких высокоактивных отходов, образующихся в результате мокрой переработки; проблема обращения с альфа-излучающими отходами обсуждалась на состоявшемся в июне 1980 года симпозиуме МАГАТЭ/КЕС (Комиссия европейских сообществ). В рамках программы координированных исследований проводится оценка характеристик различных форм отвержденных высокоактивных отходов. Этот вопрос имеет особое значение с точки зрения связи между формой отходов, технологией кондиционирования и возможной средой захоронения. В результате осуществления другой программы координированных исследований по отделению трансурановых элементов от высокоактивных отходов с их последующей трансмутацией или отдельным захоронением (работы в рамках этой программы проводились в период с 1976 по 1980 год) был сделан вывод о том, что значение этого метода может быть ограниченным\*. В будущем основное внимание будет уделяться кондиционированию этих отходов для целей захоронения, а также обращению с кондиционированными высокоактивными отходами и их хранению.

Обработка *газообразных выбросов и отходов*, как и прежде, имеет особую важность с точки зрения охраны окружающей среды от взвешенных в воздухе радионуклидов, являющихся продуктом выбросов с ядерных установок как в обычных, так и в аварийных условиях. Методы удержания и удаления благородных газов, трития, иода, частиц и других взвешенных в воздухе радионуклидов, поступающих с заводов по переработке топлива и АЭС, были рассмотрены на ряде совещаний экспертов, а также на состоявшемся в феврале 1980 года симпозиуме МАГАТЭ/АЯЭ (Агентство по ядерной энергии). В дальнейшем деятельность в этой области будет главным образом касаться вопросов проведения испытаний, контроля, осуществляемого на предприятиях, и разработки требований, предъявляемых к эксплуатации систем газоочистки на ядерных установках, включая фильтрацию твердых частиц.

В области обращения с *низко- и среднеактивными отходами* были выполнены значительные разработки, связанные с обработкой и кондиционированием как жидких, так и твердых отходов. В связи с этим в настоящее время проводится пересмотр и исправление предыдущих публикаций МАГАТЭ по этим

\* См. статью Х.А. Маккея в данном номере бюллетеня.

темам с тем, чтобы выпустить серию документов по трем основным областям — обработка твердых отходов, обработка жидких отходов и кондиционирование концентратов отходов. Также будут рассмотрены вопросы обращения с альфа-излучающими отходами. Как и прежде, будет уделено внимание вопросам обращения с отработавшими ионообменными смолами, отходами, содержащими тритий, а также с отдельными отходами средней активности.

Проблема обращения с отходами АЭС представляет особый интерес для многих стран. В одном из технических докладов были обобщены методы, применяемые в настоящее время на АЭС различных типов. Эта тема также обсуждалась на состоявшемся в 1979 году симпозиуме АЯЭ/МАГАТЭ и будет вновь обсуждаться в октябре 1981 года на семинаре МАГАТЭ. В настоящее время накоплен достаточный опыт для подготовки соответствующего свода положений.

Обращению с отходами, образующимися при добыче и обогащении урановых и ториевых руд, посвящен опубликованный в 1976 году свод положений МАГАТЭ. В связи с тем, что по мере расширения масштабов использования атомной энергии возрастет объем работ по добыче и обогащению урановых руд, в дальнейшем в программе должное внимание будет уделено связанным с этими работами вопросам обращения с отходами; кроме того, будет пересмотрен существующий свод положений.

Снятие с эксплуатации ядерных установок является областью, которая в предыдущие годы привлекала к себе большой интерес, и в связи с этим в настоящее время эта тема включена в качестве отдельного раздела в программу МАГАТЭ по обращению с отходами. В 1978 году этой теме был посвящен симпозиум МАГАТЭ/АЯЭ. В результате осуществления других видов деятельности были изданы публикации "Факторы, относящиеся к снятию с эксплуатации наземных ядерных реакторов" и "Деактивация атомных электростанций в ходе их эксплуатации". В программе Агентства, как и прежде, будет уделяться определенное внимание вопросам деактивации и снятия с эксплуатации ядерных установок.

### Подземное захоронение отходов

При современном уровне развития техники подземное захоронение радиоактивных отходов считается наиболее безопасным методом удаления радиоактивных отходов. В течение многих лет в различных странах захоронение низко- и среднеактивных отходов производится в неглубоких подземных могильниках, заброшенных шахтах, отходы закачиваются в глубокие скважины, удаляются в трещины, созданные гидрозрывами. В настоящее время в ряде стран изучается возможность использования имеющихся на их территории геологических формаций в качестве хранилищ низко-, средне-, высокоактивных, а также актинидных отходов. В июле 1979 года состоялся симпозиум МАГАТЭ/АЯЭ, посвященный этой теме.

В 1977 году Агентство приступило к осуществлению интегрированной программы разработки на



Бассейны-хранилища отработавшего топлива на перерабатывающем заводе на мысе Ла-Аг.

международном уровне серии документов, содержащих руководства по безопасному подземному захоронению радиоактивных отходов. Рассматриваемые в этой серии публикаций варианты захоронения включают захоронение твердых отходов: в глубоких геологических формациях (вновь создаваемые хранилища), в скальных кавернах (для отходов средней и низкой активности) и в приповерхностных слоях земли (для отходов низкой и средней активности). Определенное внимание также уделяется инъекции жидких отходов в глубокие проницаемые формации, а также трещины в непроницаемых формациях, создаваемые гидрозрывами. Подготавливаемые в рамках этой программы документы охватывают пять следующих основных тем: общая и регулирующая деятельность и оценки безопасности; изыскание и выбор площадок для хранилищ; критерии приемлемости отходов для захоронения; проектирование и сооружение хранилищ; эксплуатация хранилищ, их закрытие и наблюдение за ними. В последующие годы основное внимание будет уделяться захоронению низко- и среднеактивных отходов в приповерхностных слоях земной поверхности и скальных кавернах в силу того, что многие страны нуждаются в хранилищах для таких отходов. В соответствии с ответами правительств многих государств, полученными в результате проведенного МАГАТЭ в 1977 году опроса, перед этой программой поставлена важная задача разработки в конечном итоге приемлемых на международном уровне сводов положений и

руководств. Однако на первом этапе осуществления данной программы, работы в рамках которой могут продолжаться в течение шести лет, более целесообразным представляется подготовка ряда технических докладов и документов из серии изданий по безопасности. Впоследствии, когда данная тема будет в достаточной мере разработана по всем направлениям, эти документы будут пересмотрены с учетом накопленного опыта и использованы в качестве основы для разработки сводов положений и руководств. Выполнение этой части программы идет достаточно быстрыми темпами. В настоящее время уже опубликовано четыре документа и еще три документа готовы к публикации. В этих документах содержатся основные рекомендации по подземному захоронению, захоронению отходов в приповерхностных слоях земной поверхности, нормативным процедурам для захоронения отходов в глубоких геологических формациях, общим подходам к оценке безопасности, критериям выбора площадок для хранилищ высокоактивных и альфа-излучающих отходов, изысканию площадок для захоронения отходов в глубоких геологических формациях и в приповерхностных слоях земной поверхности. Другие готовящиеся к публикации документы касаются основных критериев и оценки безопасности при захоронении отходов в глубоких геологических формациях и в приповерхностных слоях, а также общих рекомендаций по захоронению отходов в скальных кавернах. Для предоставления консультаций по программе и для изучения документов до их публикации Агентство создало соответствующий технический комитет. Само Агентство является организацией, в которой происходит непрерывающийся международный обмен мнениями в этой области.

Концепция региональных хранилищ отходов, особенно высокоактивных и актинидных отходов, привлекает к себе интерес потому, что такие хранилища способны удовлетворять потребности государств, осуществляющих небольшие по объему ядерно-энергетические программы, а также тех государств, в которых отсутствуют пригодные для создания хранилищ геологические и гидрологические условия. В опубликованных в 1977 году материалах исследовательского проекта МАГАТЭ по региональным центрам топливного цикла и в докладе рабочей группы №7 МОЯТЦ создание таких центров рассматривается как часть регионального и международного планирования ядерных топливных циклов (совместное размещение хранилищ отходов и региональных установок по переработке топлива). Обсуждение вопроса о международном сотрудничестве в этих областях продолжается. Очевидно, что страна, производящая радиоактивные отходы, прежде чем искать решение этой проблемы на международном уровне, должна будет изучить имеющиеся у нее возможности захоронения отходов на собственной территории. В этой связи приемлемые в международном масштабе руководящие принципы подземного захоронения отходов могут оказаться важным шагом на пути от национальных программ к международным проектам.

## Ядерный топливный цикл и окружающая среда

По мере увеличения масштабов промышленного использования атомной энергии встают вопросы, связанные с долгосрочным воздействием атомной энергетики на окружающую среду в результате: фактических или потенциальных радиоактивных выбросов в атмосферу и поверхностные воды, включая местные, региональные и глобальные эффекты; затопления твердых низкоактивных отходов в морях и океанах; удаления радиоактивных отходов на суше; добычи и обогащения урановых руд. Большая часть этих вопросов представляет главным образом локальный интерес и находится в сфере компетенции соответствующих национальных органов. Тем не менее эти проблемы вызывают озабоченность международного сообщества в тех случаях, когда имеют место трансграничные (выходящие за пределы одного государства) эффекты или когда могут пострадать международные воды. Принципы и процедуры установления пределов для выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду, которые основаны на рекомендациях МКРЗ и разработаны в рамках программы Агентства по радиационной безопасности, составляют основу для рассмотрения проблем в названных выше областях. Целью этой части программы по обращению с отходами является выполнение Агентством обязанностей по защите морской среды, рассмотрение путей распространения и переноса в окружающей среде стоков ядерных установок, а также разработка методик оценки экологических последствий эксплуатации ядерных установок.

*Защита морской среды.* Лондонская конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов уполномочила МАГАТЭ определять типы высокоактивных отходов, непригодных для сброса в моря, а также давать рекомендации относительно тех радиоактивных отходов, которые можно сбрасывать в океаны для захоронения на большой глубине. Агентство также участвует в рассмотрении аналогичных вопросов, касающихся защиты морской среды в региональных морях, таких, например, как Средиземное море (Барселонская конвенция). В 1974 году были подготовлены временные "Определения и рекомендации", которые были пересмотрены в течение 1975-1977 годов. Пересмотренные "Определения и рекомендации" Агентства действуют в рамках Лондонской конвенции с 1978 года. В этом документе изложены требования, предъявляемые к выбору и оценке мест захоронения, упаковке отходов, а также эксплуатационному контролю за сбросом, которые должны соблюдаться национальными органами при выдаче ими специальных разрешений на сброс в моря радиоактивных отходов. Выполнение положений Лондонской конвенции\* является обязанностью

\* В 1977 году Совет ОЭСР учредил многосторонний механизм для консультаций и осуществления наблюдения в связи со сбросом в моря радиоактивных отходов, призванный обеспечивать региональное сотрудничество и содействовать целям Лондонской конвенции. Полный текст Лондонской конвенции приведен в документе МАГАТЭ INF/CIRC/205.